IV－252

位置情報を考慮した空間分布モデルのパラメータ推定方法

東北大学　学生員　明石　和之
東北大学　フェロー　宮本　和明
東北大学　正　員　内田　敬

1. はじめに

分布交通量，土地利用モデルなどの空間を対象とした都市モデルにおいては，対象地域を多数のゾーンに分割し，個々のゾーン値の予測分析が一般に行われている．一方，様々な都市モデルの中で，交通需要分析に代表される集計的モデルでは，重回帰分析によってパラメータの推定が行われている．この重回帰分析においては，各ゾーンの値は独立，残差は均等分布と仮定されているが，観測値とモデルによる予測値の残差が一定地域に偏ってしまう空間的自己相関が発生し空間分布として観測値をうまく再現できない場合がある．本来，人口分布などの空間分布においてはある地域に集中するような独自の空間パターンが存在し，ゾーンは互いに従属関係にあると考えられ，重回帰分析における独立性の仮定を満たさないと考えられる．

本研究では，この問題点をふまえ，宮本ら[1)]によって提案されている空間分布適合度指標（SFIs）の考え方に基づき，空間分布モデルのパラメータ推定において，ゾーンの空間的な位置関係を考慮した新たな推定方法を提案することを目的とする．

2. 空間分布適合度指標（SFIs）

SFIは各ゾーンの予測値と観測値の差，すなわち「誤差」を移動させて観測値分布を再現する際に要する「輸送費用」であり，本研究ではその最小値を考えることとする．

すなわち，過大予測ゾーン i の過大量を a_i ($i=1,\cdots,m$)，過小予測ゾーンの j の過小量を b_j ($j=1,\cdots,n$) とする．過大予測ゾーンを供給地，過小予測ゾーンを需要地とみなし，供給地 i から需要地 j への誤差の輸送量を X_{ij}，i，j ゾーン間の単位輸送費用をゾーン間距離 d_{ij} で表す．観測値分布と予測値分布の要素の総量が等しいとすると最適輸送量を求める問題は，総輸送費用を表す目的関数を S として，以下の線形計画の輸送問題として定式化でき，SFI は目的関数 S の最小値として求められる．

（供給制約）$\Sigma_j X_{ij} \leqq a_i$ (1)

（需要制約）$\Sigma_i X_{ij} \geqq b_j$ (2)

（非負条件）$X_{ij} \geqq 0$ (3)

$(i=1,\cdot\cdot,m; j=1,\cdot\cdot,n)$

（目的関数）$S = \Sigma_{ij} d_{ij} \cdot X_{ij} \rightarrow min$ (4)

3. SFI 規準に基づくパラメータ推定方法

各ゾーンの値が重回帰式と同様な線形の予測モデルで表される場合について考える．この場合，SFI の定式化において，予測モデルのパラメータを線形計画法の構造変数として新たに付加して，各ゾーンの観測値と予測値の差を最も効率よく移動させた場合の「総輸送費用」すなわち SFI を最小とするようにパラメータを求めるものである．

i ゾーンの観測値を A_i，予測値を Y_i，ゾーン数を n とする．ゾーン i から j への輸送量を T_{ij}（＞０）とし，i, j ゾーン間の単位輸送費用をゾーン間距離 d_{ij} とする．予測値 Y_i は説明変数 X_{ik} の線形関数で表されるとすると，予測モデルのパラメータ α_k は以下の SFI 最小化問題の解として得られる．

予測モデル：$Y_i = \Sigma_k \alpha_{ik} \cdot X_{ik} + \alpha_o$ (5)

（供給条件）$\Sigma_j T_{ij} \leqq Y_i$ (6)

（需要条件）$\Sigma_j T_{ji} - \Sigma_i T_{ij} + Y_i \geqq A_i$ (7)

（総量一致）$\Sigma_i Y_i = \Sigma_i A_i$ (8)

（非負条件）$\alpha_{ik} \geqq 0$, $T_{ij} \geqq 0$ (9)

$(i=1,\cdot\cdot,n; j=1,\cdot\cdot,n)$

（目的関数）$S = \Sigma_{ij} d_{ij} \cdot T_{ij} \rightarrow min.$ (10)

重回帰分析が残差２乗和最小化規準によるパラメータ推定であるのに対し，本研究で提案する方法は，移動距離で重みづけした絶対残差最小化規準としている．

4. 適用例

4.1　発生交通量モデル

平成４年度に仙台都市圏において行われたパーソントリップ調査のデータを用いて，発生交通量モデルのパラメータ推定を重回帰分析と本研究のパラメータ推

キーワード：空間分布適合度指標，空間分布，パラメータ推定
〒980－77　仙台市青葉区荒巻字青葉　TEL：022－217－7479　FAX：022－217－7477

定方法によって行い比較検討した．対象地域は，図 1 に示すように仙台市都心部を中心とした 100 ゾーンとした．発生交通量モデルは，買物・私事目的とし，人口系の指標を説明変数としてパラメータ推定を行った．単位輸送費用 d_{ij} としては，ゾーン重心間の直線距離とした．

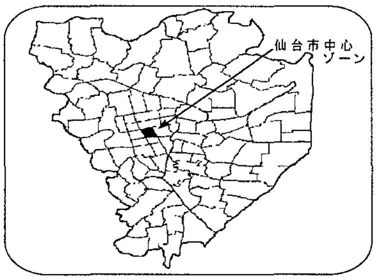

図1　対象地域ゾーン分割図

交通発生量モデルのパラメータ推定結果を表 1 に示す．表 1 によると SFI 規準による予測値分布は，重回帰分析よる予測値分布に比べ相関係数は劣っているが SFI は向上している．これは個々のゾーンの値にずれはあるが，ゾーンの位置を考慮した分布の再現性は向上していることを示している．

表1　パラメータ推定結果（1）

説明変数	重回帰	SFI規準
定数項	303.405	341.922
非就業人口	0.634	0.520
通学地学生人口	0.128	0.407
3次産業従業人口	0.415	0.375
相関係数	0.87487	0.83481
SFI	704267	602804

4.2　OD 分布モデル（発生交通量分布）

仙台市中心ゾーン（図 1：黒地域）を終点ゾーンとする OD 分布の予測モデルのパラメータ推定に本研究の方法を適用した．本研究のパラメータ推定方法では予測モデルは線形形式でなければならないため，予測モデル(11)の両辺の対数をとって線形形式とする．また，OD 分布モデルにおいては，単位輸送費用 d_{ij} は OD ペア間の距離となるため距離の定義を定めなければならない．本適用例においては各 OD ペアの終点は仙台市中心部であり同一であるから，d_{ij} は誤差を移動させる OD ペアの組の起点ゾーン間の距離とする．推定結果を表 2 に，距離に沿っての分布形を図 2 に示す．

予測モデル：$Y_i = \alpha\ P_i{}^{\beta} \exp(-\gamma\ D_i)$ (11)

Y_i：ゾーン i から中心ゾーンへの交通量
P_i：ゾーン i における夜間人口
D_i：ゾーン i から中心ゾーンへの距離
α，β，γ：パラメータ

表2　パラメータ推定結果（2）

パラメータ	説明変数	重回帰	SFI規準
α	定数項	7.7312	0.7602
β	夜間人口	−0.2946	0.6548
γ	距離	0.0491	0.0711
	相関係数	0.7374	0.7191
	SFI	462.97	429.73

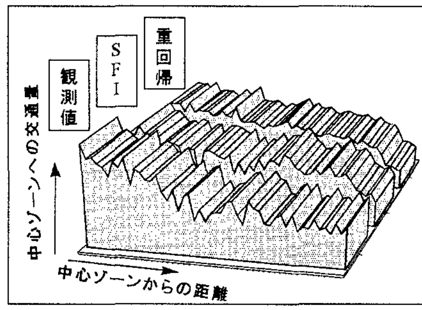

図2　OD 分布形

表 2 によると SFI 規準による予測値分布は，重回帰分析よる予測値分布に比べ SFI が向上しており，ゾーンの位置が考慮された分布が再現されている．

図 2 では，重回帰分析による分布は平均的な値となり観測値分布を再現しきれていないが，SFI 規準による分布形は観測値分布の凹凸を再現しておりゾーンの位置が考慮されていることが判る．

4.3　計算時間

本適用例の 100 ゾーンに分割された対象地域における計算時間は，PC(CPU：Pentium133Mhz，メモリー：48MB)の計算環境において約 300 分であった．計算時間短縮のため，変数の数を 10 分の 1 に制限した結果，変数制限前に比べ 6 分の 1，約 50 分となった．

5. まとめ

本研究では，空間分布を適切に再現するために，SFI の考え方に基づいて，ゾーンの空間的な位置関係を考慮したパラメータ推定方法の提案を行った．

適用例から，重回帰分析による分布よりも SFI が向上し，空間分布を適切に再現する事が確認できた．

なお，多数ゾーンへの適用は，計算時間が指数的に増大することから，より実用的な推定方法とするために，変数の数を制限するなどの改良が必要である．また，具体的な適用例として，片側制約，両側制約条件における OD 分布モデルについて検討を進めている．

＜参考文献＞

1) 宮本・三浦：空間分適合度指標（SFIs）の提案，土木計画学研究・論文集，No.10，pp.135－142，1992